

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

**Основы технологий решения типовых задач двухфазных потоков**

по направлению подготовки

**16.03.01 Техническая физика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер, инженер-разработчик**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

ПК-1 Способен использовать методы математического моделирования тепловых процессов, формулировать задачи компьютерных исследований процессов теплообмена при разработке изделий РКТ.

ПК-2 Способен проводить исследования по аэрогидродинамике и процессам теплообмена изделий РКТ с использованием высокопроизводительной компьютерной техники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные информационных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные информационные технологии

РОПК - 1.1 Знает модели математического описания процессов теплообмена

РОПК - 1.2 Умеет использовать стандартные методики и разрабатывать новые подходы математического моделирования

РОПК - 2.1 Знает основы разработки численных методов решения прикладных задач

РОПК - 2.2 Умеет использовать пакеты прикладных программ и разрабатывать оригинальные программы реализации моделей

## **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Элементы текущего контроля:

Проектная работа – 1 (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК - 1.1, РОПК - 1.2, РОПК - 2.1, РОПК - 2.2)

Проектная работа заключается в решении задачи движения двухфазной среды по теплообменному аппарату с использованием прикладного коммерческого пакета Ansys Fluent. В ходе выполнения работы требуется построить геометрию теплообменного аппарата, построить расчетную сетку, настроить решение программы. При проведении расчета требуется сделать проверку на сходимость решения путем проверки выполнения закона сохранения энергии, а также через использования набора разностных сеток. По итогам выполнения проекта студенты должны подготовить файл-отчет с полученными результатами. Допустимо решать задачу в парах.

Пример задачи для решения.

Построить поле течения газозвеси, подаваемой в теплообменный аппарат. Взять схему теплообменного аппарата, показанную на рисунке 1. Выбрать материал частиц – алюминий, газ – воздух. Провести параметрическое исследование для диапазона массового расхода частиц 0.1 – 0.5 кг/с, радиуса частиц 1 – 100 мкм. Положить, что на боковых стенках теплообменника расположены зоны нагрева. Определить застойные зоны течения в зависимости от параметров газозвеси.

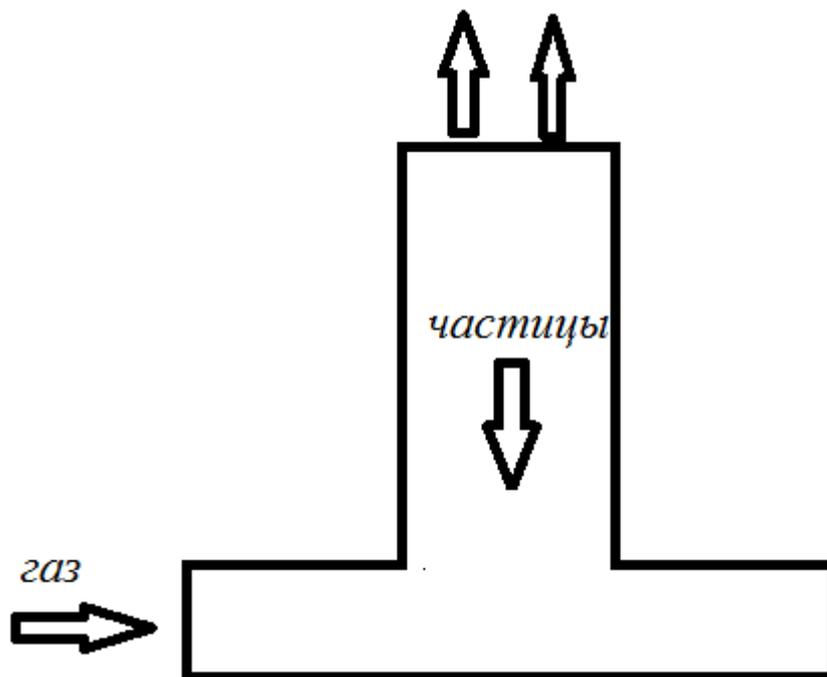


Рисунок 1 – Пример для проектной работы 1

Проектная работа – 2 (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК - 1.1, РОПК - 1.2, РОПК - 2.1, РОПК - 2.2)

Проектная работа заключается в решении задачи горения двухфазной среды в энергетическом устройстве со сложной геометрией с использованием прикладного коммерческого пакета Ansys Fluent. В ходе выполнения работы требуется построить геометрию энергетического устройства, построить расчетную сетку, настроить решение программы. При проведении расчета требуется сделать проверку на сходимость решения путем проверки выполнения закона сохранения энергии, а также через использования набора разностных сеток. По итогам выполнения проекта студенты должны подготовить файл-отчет с полученными результатами. Допустимо решать задачу в парах.

Пример задачи для решения.

Определить эффективность работы горелочного устройства по сжиганию газозвеси, состоящей из метановоздушной смеси и частиц угольной пыли. Использовать двухстадийную схему химических превращений в газе, учесть выход летучих компонентов из частиц, учесть реакцию между газом и частицами. Для решения взять встроенные параметры ANSYS FLUENT для частиц и газа. Решение провести для двух вариантов: модель многофазной среды Эйлера, модель среды Эйлер-Лагранж.

Провести параметрическое исследование с варьированием состава смеси.

На рисунке 2 представлена одна из возможных геометрий энергетического устройства.

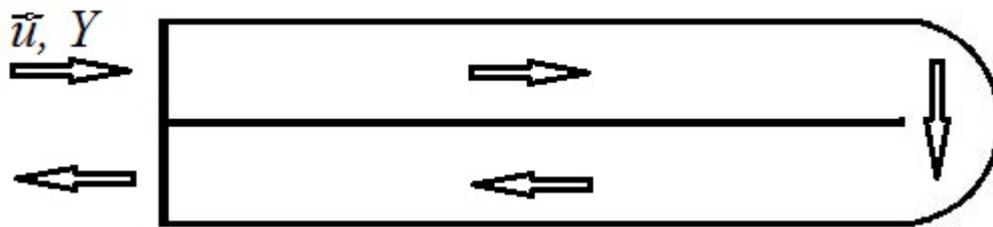


Рисунок 2- Пример для проектной работы 2

Оценивание проектных работ 1, 2 происходит следующим образом:

1. Студенты выполняют работу с фиксацией промежуточных этапов. На основании работы готовят презентацию.
2. На отчетных занятиях 1 – 2 студенты выступают друг перед другом и выступают в роли жюри друг для друга.
3. На основе результатов выступлений и оценки работы жюри ставится итоговая оценка по проекту.

К критериям оценивания относятся: хорошее качество выполнения работы (проверка качества разностной сетки, проверка законов сохранения, корректность настроек решателя, умение давать интерпретацию получаемым результатам), качество выступления перед слушателями (умение давать аргументированные ответы на вопросы), качество оценивания проектов других людей (умение задавать вопросы по существу, понимание физических закономерностей и методов решения задач). В данном случае ставится оценка «зачтено». В остальных случаях – «не зачтено».

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

Зачет с оценкой проводится в устной форме. На зачете требуется описать методику решения задач теплофизики и гидро-аэродинамики.

Проверяется освоение следующих компетенций: ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-2.

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

ПК-1 Способен использовать методы математического моделирования тепловых процессов, формулировать задачи компьютерных исследований процессов теплообмена при разработке изделий РКТ.

ПК-2 Способен проводить исследования по аэрогидродинамике и процессам теплообмена изделий РКТ с использованием высокопроизводительной компьютерной техники.

Примерный перечень заданий на зачет с оценкой:

1. Описать методику решения задачи теплообмена при движении двухфазной среды по каналу с использованием подхода Multiphase Model - Mixture
2. Описать методику решения задачи теплообмена при движении двухфазной среды по каналу с использованием подхода Multiphase Model - Eulerian
3. Описать основные методы решения задачи теплообмена при движении двухфазной среды по каналу с использованием подхода Discrete Phase Model
4. Описать принципы использования User-Defined Function при моделировании задач движения и теплообмена двухфазных сред

5. Описать последовательность моделирования задач горения газовзвесей с описанием возможных механизмов определения законов реагирования компонентов газовзвеси.

Оценка за зачет с оценкой складывается из взвешенной суммы оценок за проектные работы и оценки за устный экзамен.

Оценка за устный экзамен определяет 60 % оценки за курс, оценка за каждый проект определяет 20 % оценки за курс. Таким образом, для получения зачета с оценкой «отлично» студент должен успешно выполнить две проектные работы и дать полный ответ на задание на экзамене. Зачет с оценкой «хорошо» выставляется при успешном выполнении одного проектного задания и полном ответе на вопрос экзаменационного билета. Зачет с оценкой «удовлетворительно» выставляется при успешном выполнении не менее чем одного проектного задания и недостаточно полном ответе на экзаменационный билет.

#### **4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)**

Теоретические вопросы ((РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК - 1.1, РОПК - 1.2, РОПК - 2.1, РОПК - 2.2)

1. Указать методы построения разностных сеток в среде Ansys Fluent
2. Дать описание основным особенностям моделирования двухфазных течений в среде Ansys Fluent
3. Описать разницу в типах решателя Pressure-Based и Density-Based
4. Описать типы граничных условий при моделировании двухфазных течений в среде Ansys Fluent
5. Описать стадии решения задач теплообмена и гидро-аэродинамики в среде Ansys Fluent

Критерии оценивания: считается выполненным, если дан верный ответ на один вопрос из списка (исчерпывающий и/или с небольшими неточностями)

#### **Информация о разработчиках**

Моисеева Ксения Михайловна, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры математической физики ФТФ ТГУ